# الكيمياء الحيوية

By : Mustafa Ahmed

# خامسًا: الإنزيمات

# Enzymes

# تقسيم الباب :

١- تعريف الإنزيمات
٢- الخواص العامة للإنزيمات
٣- أهمية الإنزيمات
٤- بعض المفاهيم الهامة
٥- تخصص الإنزيمات
٦- العوامل المساعدة للإنزيمات
٧- طرق عمل الإنزيمات
٨- العوامل التى تؤثر على سرعة عمل الإنزيم
٩- تسمية الإنزيمات
١٠- تصنيف الإنزيمات

## ١ـ تعريفها

هي عبارة عن مواد بروتينية يتم تخليقها داخل الخلية الحية (بكتيرية ، نباتية ، حيوانية) لتعمل كمحفزات (منشطات) للتفاعلات البيوكيميائية التى تحدث داخل الخلية وتعمل على زيادة سرعتها من خلال تحويل مجموعة محددة من المواد المتفاعلة إلى نواتج محددة عند الظروف المناسبة للتفاعل.

## ٢ـ الخواص العامة للإنزيمات

# الإنزيمات مثل جميع العوامل المساعدة :
(تدخل بكميات قليلة أثناء التفاعل ، لا يتغير تركيبها الكيميائي بعد التفاعل ، لا تُستهلك بعد التفاعل).

# الإنزيمات على درجة عالية من التخصص ( من أهم الظواهر الحيوية التى بدونها لاتتم عملية الأيض)
أى أنه لا يمكن لجميع الإنزيمات أن تقوم بنفس التفاعل ولكن لكل إنزيم مادة أساس (هدف أو تفاعل) خاصة به لا يتفاعل إلا معها.

# لا يستطيع الإنزيم القيام بوظيفته إلا تحت ظروف فسيولوجية مناسبة تتمثل فى :
( درجة الحرارة ، الرقم الهيدروجيني PH ، تركيز المادة الأساس «التى يُختص الإنزيم بالتفاعل معها» ).

# فى التفاعلات الإنزيمية ( مادة الأساس كلها) تتحول بكفاءة وسرعة إلى نواتج ، عكس التفاعلات الأخرى التى تتحول المادة الأولية فقط فيها إلى نواتج والباقي يُفقد فى تفاعلات جانبية.

# تحتوي بعض الإنزيمات على مكونات كيميائية يحتاجها الإنزيم لإظهار نشاطه التام وتسمى باسم (العوامل المساعدة) وهى تظهر إما فى شكل معادن مثل «الحديد والماغنسيوم» أو فى شكل جزيئات عضوية تسمى «مرافقات الإنزيم».

# إذا وجدت (العوامل المساعدة) مرتبطة بالجزء البروتيني الخاص بالإنزيم فإنها تسمى فى هذه الحالة (المجموعة الرابطة).

## ٣ـ أهمية الإنزيمات

١ـ تستخدم فى الصناعات كعوامل مساعدة بيولوجية لتصنيع الهومونات والعقاقير.

٢ـ يستدل من دراسة الإنزيمات الموجودة فى الدم (من خلال مصل) على حالة مرضية معينة «الكشف عن الأمراض».

٣ـ تنظيم التفاعلات البيولوجية والكيميائية فى الجسم.

## ٤ـ بعض المفاهيم الهامة

وحدة الإنزيم Enzyme Unit : هى كمية الإنزيم التى تحول مايكومول واحد من المادة الأساس إلى ناتج خلال دقيقة واحدة عند الظروف المناسبة للقياس.

درجة النشاط النوعي Specific Activity : هى عبارة عند عدد وحدات الإنزيم لكل ملجرام من البروتين.

# ٥ـ تخصص الإنزيمات

١ـ التخصص الفراغي الضوئي : لكل إنزيم مادة معينة أو مجموعة مواد متشابهة كيميائيًا يستطيع أن يؤثر فيها دون غيرها مثل (تفاعل إنزيم الجلوتاميز مع «L – جلوتامين» لتكوين حمض الجلوماتيك والأمونيات) وفى حال تواجد « D– جلوتامين» فإن إنزيم الجلوتاميز لا يتفاعل معه رغم أنه الأيزومر الضوئي له.

٢ـ التخصص الفراغي الهندسي: هناك إنزيمات لا تعمل إلا إذا كانت مادة التفاعل بتركيبة هندسية معينة مثل (تفاعل إنزيم الفيوماريز الذي يحول حمض الفيوماريك إلى حمض الماليك ) ولا يعمل مع حمض الماليك رغم أنه الأيزومر الهندسي لحمض الفيوماريك.

٣ـ تخصص الرابطة : هناك إنزيمات لا تعمل إلا إذا كانت مادة التفاعل تحتوى على نوع معين من الرابطة التى تربط جزئيّ المادة المتفاعلة وتسمى هذه الإنزيمات باسم (الإنزيمات ذات التخصص المنخفض)
فمثلًا(انزيم الليبيز لايعمل إلا إذا كانت الرابطة استر ، وانزيم الببتيديز يعمل إذا كانت الرابطة ببتيد ، وانزيم الجليكوسيديز يعمل فقط فى حالة كانت الرابطة جليكوسيدية....وهكذا) .

٤ـ تخصص المجموعة : وهو واسع الإنتشار فى الإنزيمات التى تؤثر على المواد الكربوهيدراتية.

٥ـ التخصص المطلق : مثل إنزيم المالتيز فهو لايؤثر إلا فى سكر المالتوز فقط ولايؤثر فى باقي المركبات الأخرى التى تحتوى على رابطة (ألفا جليكوسيدية).

٦ـ التخصص النسبي : أى أن الإنزيم له تأثير على مجموعة الألدوزات جميعها وينقل لها مجموعة الفوسفات من ATP أو يحلل الرابطة الجليكوسيدية.

## ٦- العوامل المساعدة للإنزيمات Co-Factors

العوامل المساعدة Co-Factors: مواد غير بروتينية تكون مرتبطة ببعض الإنزيمات وتكون مطلوبة لنشاط هذه الإنزيمات.

الهولو انزيم Holoenzyme : هو الإنزيم متحدًا مع العوامل المساعدة.

الاوبو انزيم Apoenzyme : هو الجزء البروتيني من الهولو إنزيم أو (الهولوإنزيم بدون العوامل المساعدة).

Apoenzyme + Co-factors = Holoenzyme
Apoenzyme = Holoenzyme – Co-factors
Co-Factors = Holoenzyme – Apoenzyme

### العوامل المساعدة التى يحتاجها الإنزيم

١- عوامل مساعدة على شكل معادن : مثل ( الماغنسيوم ، المنجنيز ، الزنك ، الحديد )
٢- عوامل مساعدة على شكل جزيئات عضوية : تسمى مرافقات الإنزيم
٣- بعض الإنزيمات تحتاج إلى النوعين السابقين معًا (الايونات المعدنية + مساعدات الإنزيم العضوية)
٤- العومل المساعدة بالمجموعة المرتبطة : إذا ارتبطت العوامل المساعدة مع الجزء البروتين بقوة ولاتنفصل عنه.

# العوامل المساعدة لاتتأثر بالتسخين عكس الجزء البروتيني (الابوانزيم) الذي يتأثر بالتسخين.

# فى حالة غياب العوامل المساعدة المطلوبة للإنزيم فإن الجزء البروتيني (الابوانزيم) تتعطل وظيفته التحفيزية.

# بعض العوامل المساعدة ترتبط بالإنزيم إرتباط ضعيف وترتبط فقط عندما يبدأ الإنزيم تفاعله الخاص به ولاتسمى فى هذه العوامل بالمجموعة المرتبطة.

# ٧- طرق عمل الإنزيمات

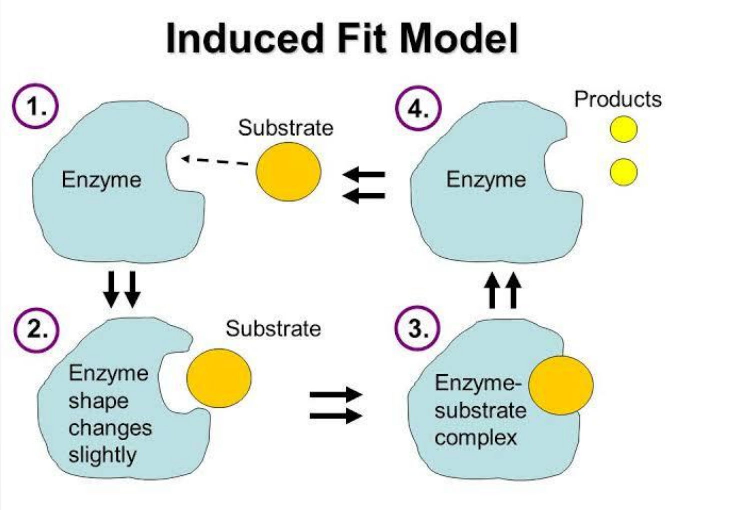
هناك طريقتين مقترحتين لإرتباط الإنزيمات مع المادة الأساس (الهدف) :

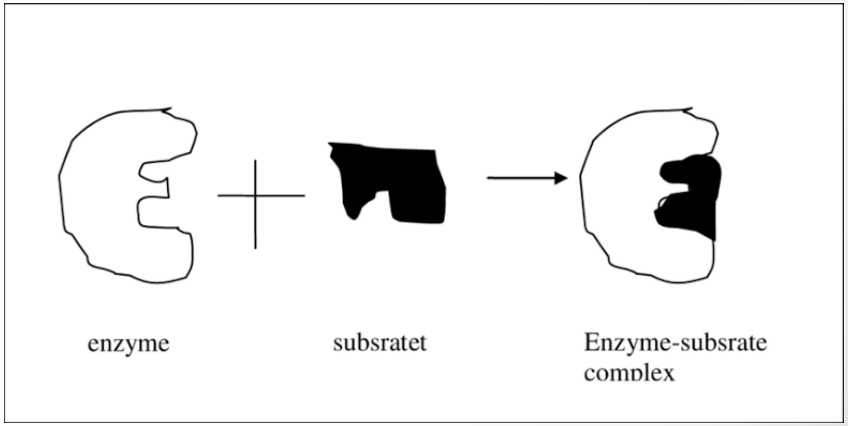
## أ) طريقة القفل والمفتاح

مادة الاساس فى هذه الطريقة يكون لها تركيب معين بحيث ترتبط مع الإنزيم كما يرتبط المفتاح مع القفل بمعنى أن الانزيم لايستطيع الإرتباط بمادة اساس اخرى وهذا دليل على درجة عالية من التخصص فى عمل الإنزيم.

## ب) طريقة الارتباط بالتحفيز

وفيه يغير الانزيم من شكله عند ارتباطه مع المادة الأساس (الهدف ) بحيث يصبح للموقع الفعال شكلًا مكملًا لشكل المادة الأساس فقط بعد ارتباطها به.



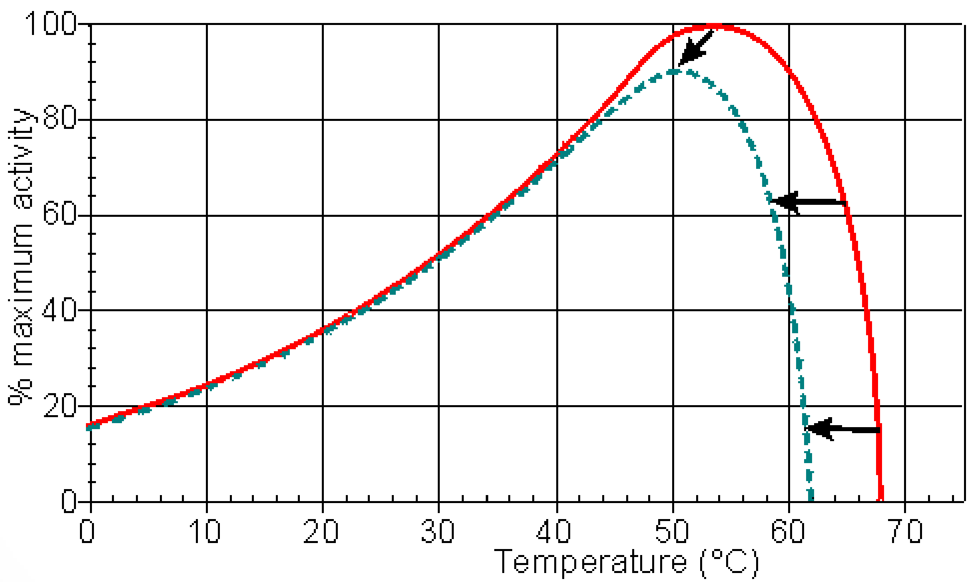

فى طريقة الارتباط بالتحفيز الموقع الفعال لا يكون موجود مسبقًا ولكن يتكون عند ارتباط مادة الاساس به فقط

فى طريقة القفل والمفتاح الموقع الفعال يكون موجود مسبقًا

# ٨- العوامل التى تؤثر على سرعة عمل الإنزيم

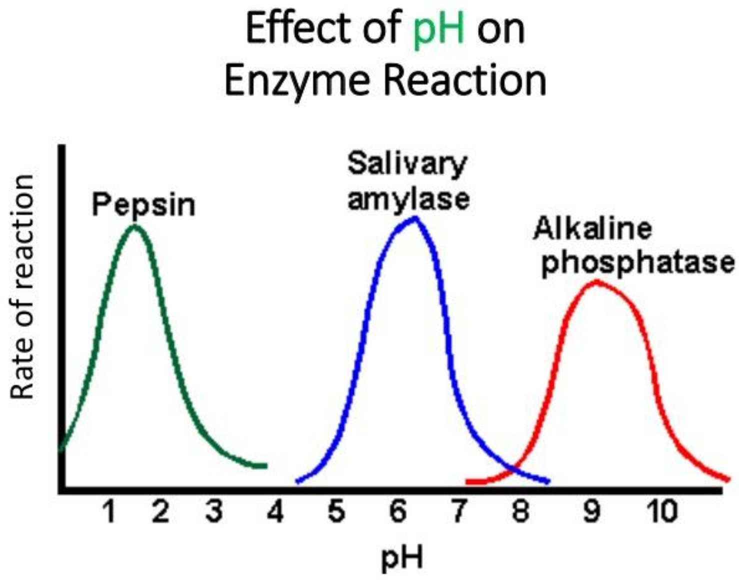
## أ) درجة الحرارة

**تزداد سرعة عمل الإنزيم كلما زادت درجة الحرارة مقدار ١٠ درجات مئوية حتى يصل لقمة نشاطه عند ٣٧ درجة مئوية (درجة حرارة الجسم) ثم يبدأ بالتناقص بعد ٥٥ درجة مئوية ويقل نشاطه نتيجة تفكك الروابط الهيدروجينية.**



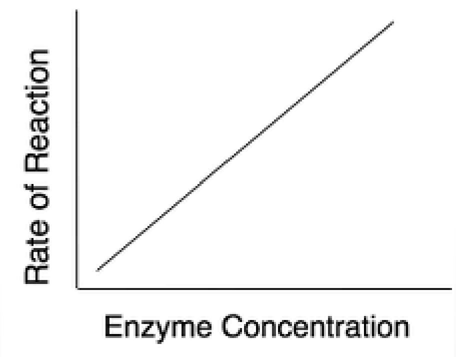
## ب) تأثير الرقم الهيدروجيني PH

لكل انزيم رقم هيدروجيني يُظهر الإنزيم عنده أقصى درجات نشاطه وفاعليته ويسمى : ( الرقم الهيدروجيني الأعظم Optimum PH)



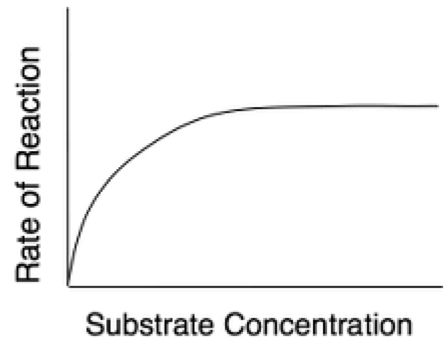

## ج) تركيز الإنزيم

زيادة تركيز الإنزيم (عدده) تزيد من سرعة التفاعل بشرط ثبات المادة الأساس (الهدف Substrate).



## د) تركيز المادة الأساس (الهدف)

عند التركيزات المخففة للمادة الأساس (الأعداد) فإن سرعة التفاعل تزداد بزيادة المادة الأساس حتى تصل للسرعة القصوى (Vmax) ثم تثبت السرعة بعدها ولا تتأثر بزيادة المادة الأساس ويشترط ثبات تركيز الإنزيم (يبقى عدده ثابت).




## هـ) مثبطات الإنزيمات

هناك الكثير من المواد التى تثبط الإنزيمات (تعيقه) للوصول للسرعة الإبتدائية له التى يبدأ عندها نشاط الإنزيم والتفاعل ، وتعتمد طبيعة التثبيط على نوع الإرتباط بين المثبط والإنزيم :

# التثبيط الغير عكسي : وفيه يرتبط المثبط بالموقع الفعال للإنزيم إرتباطًا لا يمكن فصله مما يعيق ارتباط المادة الأساس بالإنزيم وبالتالى يفقد الإنزيم فعاليته

( مثل مركبات الفسفور التى ترتبط مع انزيم الكزلين استريز )

(مثل غاز DEP الذي يسبب شلل للإنسان والحيوان ويستخدم فى الحروب)

# التثبيط العكسي : وفيه يرتبط المثبط بالإنزيم ارتباطًا يسهل إنفصاله وهناك نوعين منه :

(A) التثبيط التنافسي (B) التثبيط الغير التنافسي

| التثبيط العكسي التنافسي | التثبيط العكسي الغير تنافسي |
| --- | --- |
| وفى هذه الحالة يكون تركيب المثبط نفس تركيب المادة الأساس فينافسها على الإرتباط بالموقع الفعال للإنزيم مما يعيق ارتباط المادة الاساس بالموقع الفعال للإنزيم فيخفض من سرعة التفاعل ، ولذلك زيادة تركيز المادة الأساس يزيل هذا المثبط. | وهو ارتباط المثبط مع الإنزيم ولكن هذا الارتباط لا يكون فى الموقع الفعال (النشط) ولكن يكون الارتباط فى موقع غير فعال على الإنزيم (غير نشط) فيؤدي إلى تغير فى شكل الموقع الفعال نتيجة هذا الإرتباط وبالتالى لا يستيطع الإنزيم الارتباط مع المادة الأساس. ولا يمكن لزيادة تركيز مادة الأساس أن تزيل هذا المثبط. |

# ٩ـ تسمية الإنزيمات

## ١ـ التسمية العادية

وهي أضافة المقطع (يز) (ase) إلى :

١ـ اسم المادة أو المركب الذي يعمل عليه الإنزيم والمسماة مادة الأساس أو الهدف

مثل : انزيم اليوريز (الذي يحفز التحلل المائي لمركب اليوريا)

مثل : انزيم الأرجينيز (الذي يحفز التحلل المائي لحمض الأرجينين)

٢ـ اسم التفاعل الذى تحفزه أو طبيعة التفاعل

مثل : انزيم الديكربوكسيليز ( الذي يزيل مجموعة الكربوكسيل من المادة المتفاعلة)

مثل : إنزيمات البروتييز ( التى تحلل البروتين تحليلًا مائيًا)

مثل : إنزيمات الأكسديز ( الذي يدخل فى تفاعلات الأكسدة والإختزال)

## ٢ ـ التسمية التصنيفية

مع اكتشاف العديد من الإنزيمات في السنوات السابقة كانت الحاجة ملحة إلى وضع طريقة أكثر دقة لتسمية الإنزيمات ، ولقد تم ذلك في المؤتمر العالمي للكيمياء الحيوية الذي عقد عام ١٩٦١م حيث أعطى اسمان لكل إنزيم هما :

# الاسم العادي وهو بإضافة «ase» إلى اسم المركب الذي يعمل عليه

# والاسم الآخر هو عددي وهو رقم كودي لكل إنزيم و يرمز له [E.C]هذا الرقم مكون من ٤ أرقام

الرقم الأول : يدل على النوع الرئيسي للتفاعل (القسم الرئيسي) يوجد ٦ أقسام «فى الصفحة القادمة»

الرقم الثاني : يدل على النوع الفرعي للتفاعل ( القسم تحت الرئيسي)

الرقم الثالث : يدل على النوع الفرعي – الفرعي للتفاعل (القسم تحت-تحت الرئيسي)

الرقم الرابع : يدل على الإنزيم نفسه (معلومات عن الإنزيم)

مثال : انزيم الليبيز رقمه ( 3.1.1.3)

الرقم الأول ( EC 3)  يدل على أن القسم الذي يتبعه هو إنزيمات التحلل المائي (شاهد الصفحة القادمة)

الرقم الثاني ( EC 1) يدل على أن القسم تحت الرئيسي له هو تحليل روابط الإستر (3.1)

الرقم الثالث ( EC 1) يدل على أن القسم تحت-تحت الرئيسي له هو روابط الاستر التى يحللها هي روابط استر كربوكسيلية (3.1.1)

الرقم الرابع ( EC 3)  يدل على أن الرقم المسلسل الخاص بالليبيز من ضمن الإنزيمات التى تحلل الأستر الكربوكسيلي (3.1.1.3)

## ١٠ـ تصنيف الإنزيمات

تصنف الإنزيمات إلى ستة أنواع رئيسية بالترتيب هي :

١ـ إنزيمات النقل Transferases : تعمل على نقل مجموعة فعالة من مركب إلى آخر مثل الإنزيمات الناقة لمجموعة الأمين أو الفوسفات ( Hexokinase ، Transmethylases ، Transaminase )

٢ـ إنزيمات الأكسدة والإختزال Oxidoreductases: تشمل جميع الإنزيمات التى تدخل فى عملية الأكسدة والإختزال مثل هيدروجنيز الكحول ، Oxidases ، Peroxidases

٣ـ إنزيمات التحلل المائي Hydrolyses: تشمل جميع الإنزيمات التى تعمل فى تفاعلات التحلل المائي وهي تقوم بتحطيم بعض الروابط بإضافة الماء مثل ( السكريز ، البروتيز ، الأميليز ) «الامليز يحول النشا إلى سكريات بسيطة».

٤ـ إنزيمات الفصل أو الحذف والاضافة Lyases: تشمل جميع الإنزيمات التى تعمل على نزع مجموعة كيميائية من مادة الهدف أو الأساس بدون تحلل مائي ، حيث يحل محلها روابط مزدوجة مثل انزيمات ديكاربوكسيليز

٥ـ إنزيمات التشكل Isomerases: تشمل جميع الإنزيمات التى تعمل على تحويل المادة المتفاعلة إلى متشكل آخر أو هي الانزيمات التى تعمل على تحويل مركب إلى مركب آخر مناظر مثل إنزيم ايزوميريز.

٦ـ إنزيمات رابطة Ligases: تشمل جميع الإنزيمات التى تعمل على إنشاء رابطة جديدة بين مركبين مختلفين وتعتمد فى ذلك على الطاقة المختزنة فى جزيء ATP مثل انزيم RNA ليجيز

# Goodbye!



- By : Mustafa Ahmed